

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050998

International filing date: 07 March 2005 (07.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 010 846.3
Filing date: 05 March 2004 (05.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 June 2005 (14.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

0 6 JUN 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 010 846.3

Anmeldetag:

05. März 2004

Anmelder/Inhaber:BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH,
81739 München/DEErstanmelder: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE**Bezeichnung:**Vorrichtung zur Regelung des Ankerhubs in einem
reversierenden Linearantrieb**IPC:**

H 02 P, H 02 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Mai 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Strenge

Beschreibung

Vorrichtung zur Regelung des Ankerhubs in einem reversierenden Linearantrieb

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Regelung des Ankerhubs in einem reversierenden Linearantrieb, der mindestens eine mit einem Erregerwicklungsstrom zu beaufschlagende Erregerwicklung und einen magnetischen Anker enthält, der von einem Magnetfeld der Erregerwicklung in eine lineare, in einer axialen Richtung mit dem vorgegebenen Ankerhub oszillierende Bewegung zu versetzen ist. Ein entsprechender Linearantrieb geht aus der JP 2002-031054 A hervor.

10

15 Entsprechende Linearantriebe werden insbesondere dafür eingesetzt, Pumpkolben von Verdichtern in eine lineare, oszillierende Bewegung bzw. Schwingung zu versetzen. Das System aus einem derartigen Verdichter mit zugeordneter Linearantrieb wird deshalb auch als Linearverdichter bzw. -kompressor bezeichnet (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift). Bei entsprechenden bekannten Linearverdichtern bildet der gegebenenfalls über wenigstens ein Federelement aufgehängte, schwingungsfähige Anker ein Feder-Masse-System, das für eine bestimmte Schwingungsfrequenz bei gegebener Kraft-Weg-Kennlinie des Verdichters ausgelegt ist.

20

Es sind verschiedene Verfahren zu einer Ankerpositionsregelung oder zu einer Ankerhubregelung in einem entsprechenden Linearverdichter bekannt. Bei den bekannten Verfahren wird jedoch in der Regel für eine Regelung des Ankerhubs auf eine direkte, kontinuierliche Ankerpositionsmessung verzichtet.

30

Zu einer Erfassung der aktuellen Ankerposition wird bisher entweder diese nicht-kontinuierlich festgestellt, z.B. diskontinuierlich durch Schließen eines elektrischen Kontaktes, wenn der Anker eine bestimmte Position erreicht hat. Auch

35

eine kontinuierliche Positionsmessung ist bekannt, z.B. über die in der Erregerwicklung induzierte Spannung.

5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Regelungsvorrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszubilden, dass eine genaue Einstellung des Ankerhubs ermöglicht wird.

10 Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Demgemäß soll die Regelungsvorrichtung

- Mittel zur Erfassung der aktuellen Ankerposition,
- Mittel zur Messung des aktuellen Erregerwicklungsstroms und
- 15 - Mittel zur Einstellung des Erregerwicklungsstromes derart aufweisen, dass im eingeschwungenen Zustand des Ankers während jeder Halbwelle der Ankerbewegung dem Anker elektrisch genau so viel Energie zugeführt wird, dass die Schwingungsamplituden des vorgegebenen Ankerhubs gerade erreicht werden.

20

Bei den erfindungsgemäßen Maßnahmen wird von der Überlegung ausgegangen, dass zur Erreichung eines gewünschten Ankerhubs, der sich aus den beiden Schwingungsamplituden zusammensetzt, pro Halbwelle dem Anker elektrisch eine gewisse Energiemenge zugeführt werden muss, und zwar während einer Expansionshalbwelle zur Vorspannung des wenigstens eines eventuell vorhandenen Federelementes, und während einer Kompressionshalbwelle zum Verrichten mechanischer Arbeit an dem Anker und an einem eventuell mit ihm verbundenen, beweglichen Verdichterteil.

30 Selbst im eingeschwungenen Zustand sind die für die Kompressions- und Expansionshalbwellen benötigten Energiemengen in der Regel verschieden und nicht von vornherein bekannt. Beide Werte müssen statt dessen aus den tatsächlich sich einstellenden Schwingungsamplituden geschätzt werden.

35

Die Grundüberlegung des erfindungsgemäßen Regelungskonzeptes besteht nun darin, dass eine (quasi) kontinuierliche Ankerpo-

sitionsmessung nicht nur die Messung des Ankerhubs, d.h. des Maximalausschlages, sondern auch eine Messung des elektrischen Energieeintrags in den Anker gestattet. Dies ist möglich, weil der elektrische Energieeintrag proportional zum Integral des Spulenstroms über die Ankerposition ist. Pro Halbwelle wird zum Zeitpunkt, zu dem genügend Energie elektrisch in den Anker eingeprägt worden ist, der Spulenstrom abgeschaltet. Mit jeder Richtungsumkehr des Ankers wird der Spulenstrom wieder zugeschaltet, wobei das Vorzeichen so ist, dass die Richtung der elektromagnetischen Kraft auf den Anker und dessen Bewegungsrichtung übereinstimmen. Daran schließen sich die Energiemessung und nachgelagert die Stromabschaltung von neuem an.

Zusätzlich zu der Orts-/Positionsmessung kann pro Halbwelle an mindestens einer festen Position, einer sogenannten Triggerposition, die Geschwindigkeit und damit die kinetische Energie des Ankers bestimmt werden. Dabei wird bevorzugt die Triggerposition im Bereich der maximalen Geschwindigkeit des Ankers festgelegt. Für die Geschwindigkeitsmessung muss kein separater Sensor verwendet werden, sondern sie lässt sich aus der quasi kontinuierlichen Ortsmessung durch Differenziation ableiten. Weiterhin ist aus der Geschwindigkeitserfassung die Ermittlung der im Anker gespeicherten Energie möglich.

Während der Expansionshalbwelle lassen sich aus den Orts- und Geschwindigkeitsmessungen an der mindestens einen Triggerposition, der Positionsmessung des von einem Verdichter abgewandten Totpunktes, an dem die Expansionshalbwelle endet, und der Messung der elektrisch in den Anker eingeprägten Energie Linearbetriebsparameter wie z.B. eine Federkonstante oder die Strom-Kraft-Übertragungskonstante abschätzen. Während der Kompressionshalbwelle lassen sich aus den entsprechenden Messungen Kompressorparameter wie die im Verdichter pro Zyklus verbrauchte mechanische Energie, die Differenz aus Ausblas- und Ansaugdruck am Verdichters und/oder die Kraft-Weg-Kennlinie des Verdichters bestimmen.

Mit dem erfindungsgemäßen Regelungskonzept sind folglich ein sicheres Anfahren eines Linearverdichters sowie ein sicherer Betrieb unter schwankenden äußeren Bedingungen, d.h. bei

5 Schwankungen in der Kompressorkennlinie, möglich. Dabei ist mit „sicher“ gemeint, dass der Kolben des Kompressors in der Kompressionsphase nicht überschwingt und an eine Kolbenplatte oder Ventilplatte anschlagen kann. Ferner kann mit dem Rege-

10 lungskonzept das sogenannte Totvolumen des Kompressionsraumes des verbundenen Linearverdichters sehr genau geregelt werden; dies ist Grundvoraussetzung für einen hohen Gesamtwirkungs-

grad, beispielsweise einer Kühlleistung, des Linearverdichters.

15 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung gehen aus abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 1 mit den Merkmalen eines der Unteransprüche oder vorzugsweise auch mit denen aus mehreren Unteransprüchen kombiniert werden. Demgemäß

20 können für die Regelungsvorrichtung zusätzlich noch folgende Merkmale vorgesehen werden:

- So können die Stromeinstellungsmittel als Stellglied der Stromregelung eine Gleichrichterschaltung und eine nachgeordnete Brückenschaltung mit stellbaren Brückengliedern in sogenannter H-Anordnung umfassen. Dabei können bevorzugt als stellbare Brückenglieder MOSFETs vorgesehen sein.
- Vorteilhaft ist der gemessene Erregerwicklungsstrom als eine Ist-Strom-Eingangsgröße einem den Brückengliedern zugeordneten Stromreglerbaustein zuzuführen, der die Brückenglieder so schaltet, dass das Ist-Stromsignal auf ein mit der aktuellen Ankerposition korreliertes, von einem Positionsreglerbaustein generiertes Soll-Stromsignal abgestimmt ist, vorzugsweise diesem folgt. Gegebenenfalls ist dabei dem Positionsreglerbaustein auch das Ist-Stromsignal
- 30 zuzuführen.
- 35 - Statt der vorerwähnten Geschwindigkeits- und Energiebestimmung des Ankers mit Hilfe mindestens einer festen

Triggerposition können besonders vorteilhaft auch Mittel zu einer kontinuierlichen Erfassung der Geschwindigkeit des Ankers(8) vorgesehen sein. Dabei lässt sich mit Hilfe entsprechender Mittel aus der Geschwindigkeitserfassung die im Anker gespeicherte Energie ableiten.

- Außerdem können auch Mittel zu einer Regelung der Schwingungsfrequenz des Ankers vorgesehen sein. Diese Mittel können die Signale der Positions - und gegebenenfalls der Geschwindigkeitsmessung ausnutzen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Von deren Figuren zeigen

Figur 1 stark schematisiert im Querschnitt einen Teil durch eine an sich bekannte lineare Linearantrieb,

deren Figur 2 ein Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform einer Regelungsvorrichtung nach der Erfindung und

deren Figur 3 ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform einer solchen Regelungsvorrichtung.

In den Figuren sind sich entsprechende Teile jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Bei der in Figur 1 angedeuteten linearen Linearantrieb wird von an sich bekannten Ausführungsformen ausgegangen, wie sie für Linearverdichter vorgesehen werden (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift). Die Figur zeigt schematisch im Wesentlichen nur den oberen Teil eines Querschnitts durch eine solche Linearantrieb 2; d.h., in der Figur sind nur die Einzelheiten dargestellt, die sich auf einer Seite einer Symmetrieachse oder -ebene S, die sich in einer axialen Bewegungsrichtung

tung erstreckt, befinden. Die Linearantrieb 2 umfasst mindestens eine Erregerwicklung 4, der wenigstens ein magnetflussführender Jochkörper 5 zugeordnet ist. In einer zentralen, kanalartigen oder schlitzartigen Öffnung 7 dieses Jochkörpers befindet sich ein magnetischer Anker oder Ankerteil mit beispielsweise zwei Permanentmagneten, deren Magnetisierungsrichtungen durch gepfeilte Linien m_1 und m_2 angedeutet sind. Der auch als „Ankerschlitten“ bezeichnete Anker weist axial seitliche, nicht näher ausgeführte Verlängerungsteile auf. Er kann in dem magnetischen Wechselfeld der Wicklung 4 in axialer Richtung eine oszillierende Bewegung ausführen, wobei er um eine Mittenposition M_p schwingt. Die maximale Auslenkung aus der Mittenposition in axialer Richtung x , d.h. die Schwingungsamplitude, ist mit $+L_1$ bzw. $-L_2$ bezeichnet. Der Ankerhub H ist folglich $(L_1 + L_2)$.

Wie ferner in der Figur angedeutet ist, können gegebenenfalls zwei ortsfest eingespannte Blattfedern 9 und 9' zu beiden Seiten der Mittenposition M_p an verlängerten Teilen des Ankers 8 mit ihren schwingungsfähigen Angriffspunkten A bzw. A' angreifen. Selbstverständlich sind auch Ausführungsformen einer Linearantrieb ohne Federn möglich. Ferner kann vorteilhaft an zumindest einer Seite des Verlängerungsteils des Ankers 8 dieser starr mit einem in der Figur nicht näher dargestellten Verdichter V bzw. dessen Pumpkolben verbunden sein.

Bei der in der Figur dargestellten Ausführungsform wurde ferner davon ausgegangen, dass die Linearantrieb 2 symmetrisch zu der Ebene S aufgebaut ist, d.h., dass, zu beiden Seiten der Ebene sich Jochkörper und gegebenenfalls auch Erregerwicklungsteile befinden. Selbstverständlich kann man für eine erfindungsgemäße Regelungsvorrichtung auch eine Linearantrieb vorsehen, die nur auf einer Seite eine Erregerwicklung und gegebenenfalls auf der gegenüberliegenden Seite nur einen magnetflussführenden Jochkörper (vgl. z.B. US 6 323 568 B1) besitzt. Neben der dargestellten E-Form des Jochkörpers

sind auch andere Jochkörpertypen wie z.B. mit M-Form geeignet.

Bei einer Verbindung des Ankers 8 der Linearantrieb 2 mit
 5 einem Pumpkolben eines Verdichters V ist der Ankerenergieschwellwert E_s für die Expansions- und die Kompressionshalbwelle im Allgemeinen verschieden; d.h., es sind eigentlich zwei Ankerenergieschwellwerte, nämlich $E_{s,exp}$ und $E_{s,comp}$, zu unterscheiden. Diese beiden Ankerenergieschwellwerte ändern
 10 sich zeitlich aufgrund der zeitlichen Änderungen der Kraft-Weg-Kennlinie des Verdichters, wobei die Änderungen langsam im Vergleich zur Schwingungsperiodendauer der Linearantrieb sind. Aus diesem Grunde ist eine der eigentlichen Hubregelung überlagerte Adaption beider Werte sinnvoll und möglich.

15 Zur Regelung des Ankerhubs H bzw. der Schwingungsamplituden $+L_1$ und $-L_2$ dient eine Regelungsvorrichtung, mit der der Strom in der Erregerwicklung 4 eingestellt wird. Das Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform einer solchen Regelungsvorrichtung geht aus Figur 2 hervor. In der Figur sind
 20 bezeichnet mit G eine Gleichrichterschaltung z.B. in Form einer Brückenschaltung,

- mit C ein Glättungskondensator,
- mit B eine Konverterschaltung in Form einer sogenannten Voll-Brücke,
- mit b1 bis b4 die vier Brückenglieder dieser Konverterschaltung in sogenannter H-Anordnung,
- mit 10 ein Positionsreglerbaustein
- 30 und
- mit 11 ein Stromreglerbaustein.

Als Brückenglieder b1 bis b4 kommen insbesondere MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors) mit Schutzdioden d_1 in Frage. Ihre Steuerelektroden bzw. Steuergates
 35 sind mit g1 bis g4 bezeichnet. Sie sind mit entsprechenden Ausgängen des Stromreglerbausteins 11 verbunden. An Brücken-

abgriffpunkten 12a und 12b der Brückenschaltung B wird der Erregerstrom für die Erregerwicklung der Linearantrieb 2 abgenommen. Dabei erfolgt eine Bestimmung eines mit I_{ist} bezeichneten Ist-Stromes der Wicklung durch Messung des Spannungsabfalls über

- einem im Brückenpfad mit der Wicklung in Serie geschalteten Shunt-Widerstands, oder
- zwei Shunt-Widerstände, die sich zwischen den Brückengliedern b_2 und b_4 und Masse befinden.

Die Messgröße dieses Stromes wird dann dem Stromregler 11 an einem Anschlusspunkt 13 in der Stromzuführungsleitung der Erregerwicklung zugeführt. Bei dem Stromregler 11 kann es sich beispielsweise um einen bekannten PWM(Pulse Width Modulation)-Baustein handeln. Alternativ lässt sich auch als Stromregler ein an sich bekannter Zweipunktregler mit fester Taktfrequenz von z.B. 20 kHz verwenden.

An der Linearantrieb 2 ist eine nicht näher ausgeführte, an sich bekannte Messeinrichtung 14 angebracht, mit der die genaue aktuelle Position x und die Bewegungsrichtung des Ankers 8 der Apparatur zu detektieren ist. Deren Messwert x wird dem Positionsreglerbaustein 10 zugeführt, der aus der Position x und daraus abgeleiteter Größen wie insbesondere der Ankersgeschwindigkeit einen Soll-Strom I_{soll} errechnet und diesen dem Stromreglerbaustein 11 zuführt. Der Stromreglerbaustein sorgt dann dafür, dass mittels Ansteuerung der Steuergates g_1 bis g_4 eine gute Übereinstimmung zwischen dem Soll-Strom I_{soll} und dem Ist-Strom I_{ist} gegeben ist.

Das in Figur 3 wiedergegebene Blockschaltbild einer weiteren erfindungsgemäßen Regelungsvorrichtung unterscheidet sich von dem nach Figur 2 lediglich dadurch, dass hier der gemessene Strom I_{ist} auch Eingangsgröße für den gegenüber Figur 2 modifizierten Positionsreglerbaustein 10' ist. Bei dieser Ausführungsform können zwar deutlichere Abweichungen zwischen dem Soll-Strom I_{soll} und dem Ist-Strom I_{ist} auftreten; der Stromreglerbaustein 11 ist jedoch auch hier durch entsprechende

Einstellungen in der Lage, den Strom in der gewünschten Weise abzuschalten.

Nachfolgend ist der Algorithmus für eine Positionsregelung bei den Vorrichtungen nach den Blockschaltsbildern gemäß den Figuren 2 und 3 angedeutet:

- Die auf dem Anker 8 wirkende elektromagnetische Kraft F ist stets proportional zum Ist-Spulenstrom I_{ist} ; d.h.
 $F = K \cdot I_{ist}$, wobei F , k und I_{ist} von der Position x abhängen.
- Bei Änderung der Bewegungsrichtung des Ankers wird der Spulenstrom umgekehrt, so dass dann die elektromagnetische Kraft $F = K \cdot I_{ist}$ in Bewegungsrichtung x wirkt.
- Entweder kontinuierlich oder mit Hilfe mindestens eines besonderen Triggersignals, das z.B. dem Nulldurchgang der Ankerbewegung zugeordnet ist und vorteilhaft in der Nähe der Ankerposition mit der maximalen kinetischen Energie liegt, werden die potentielle und die kinetische Energie des Ankers aus der momentanen Positions- und Geschwindigkeitsmessung bestimmt.
- Die pro Schwingungshalbwelle dem Anker zugeführte Energie wird berechnet über die Gleichung

$$\int F(x) dx = \int K(x) I(x) dx.$$
- Erreicht die Ankerenergie einen Schwellwert $E_{s, comp}$ bzw. $E_{s, exp}$, der der gewünschten Schwingungsamplitude $+L_1$ bzw. $-L_2$ entspricht, wird der Strom I abgeschaltet.

Neben diesem Grundalgorithmus ist ein überlagerter Adaptionsalgorithmus denkbar, bei dem durch Vergleich der gemessenen Schwingungsamplitude $+L_1$ bzw. $-L_2$ mit der entsprechenden Soll-Amplitude der Ankerenergieschwellwert $E_{s, comp}$ bzw. $E_{s, exp}$ adaptiert wird.

Das in den Blockschaltsbildern realisierte Regelungskonzept weist also folgende Hauptelemente auf:

a) Messgrößen:

Position x , Bewegungsrichtung und daraus abgeleitet die Geschwindigkeit des Ankers \dot{x} ; Strom I_{ist} .

b) Stellgröße:

5 Erregerspulenstrom. Hier sind mehrere Stellgliedvarianten für die Stromregelung denkbar, wobei abhängig vom Stellglied Ist- und Soll-Strom unterschiedlich stark voneinander abweichen können.

c) Regelungsprinzip:

10 Erregerwicklungsstrom wird so geschaltet, dass die elektromagnetische Kraft auf den Anker (fast) immer in Ankerbewegungsrichtung wirkt; Messung der elektrisch in den Anker pro Schwingungshalbwelle eingeprägten Energie; Stromabschaltung, wenn Energieschwellwert erreicht ist.

15 d) Vorteile dieses Regelungsprinzips:

Ein elektrisches Bremsen des Ankers wird weitgehend vermieden; daraus folgt ein guter Wirkungsgrad.

20 Die Frequenz der Ankerschwingung ist zwar weitgehend durch bewegte Masse sowie Federkonstante eventuell vorhandener Feder(n) und Kraft-Weg-Kennlinie des verbundenen Verdichters festgelegt, kann aber durch Wahl des duty cycle mittels Stromregelung modifiziert werden: Wirkt nach einer Bewegungsumkehr ein höherer Strom über ein kürzeres Wegstück, so erhöht sich - bei gleichbleibendem elektrischen Energieeintrag pro Schwingungshalbwelle - die Schwingungsfrequenz.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung des Ankerhubs in einem reversierenden Linearantrieb, die mindestens eine mit einem Erregerwicklungsstrom zu beaufschlagende Erregerwicklung und einen magnetischen Anker enthält, der von einem Magnetfeld der Erregerwicklung in eine lineare, in einer axialen Richtung mit dem vorgegebenen Ankerhub oszillierende Bewegung zu versetzen ist,
- 5
- 10 - mit Mitteln zur Erfassung der aktuellen Ankerposition (x),
- mit Mitteln zur Messung des aktuellen Erregerwicklungsstromes (I_{ist})
- und
- 15 - mit Mitteln zur Einstellung des Erregerwicklungsstromes (I_{soll}) derart, dass im eingeschwungenen Zustand des Ankers (8) während jeder Halbwelle der Ankerbewegung dem Anker (8) elektrisch genau so viel Energie zugeführt wird, dass die Schwingungsamplituden ($+L_1$, $-L_2$) des vorgegebenen Ankerhubs (H) gerade erreicht werden.
- 20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (8) schwingungsfähig über wenigstens ein Federelement (9, 9') gehalten ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromeinstellungsmittel als Stellglied der Stromregelung eine Gleichrichterschaltung (G) und eine nachgeordnete Brückenschaltung (B) mit stellbaren Brückengliedern (b1 bis b4) in H-Anordnung umfassen.
- 30
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die stellbaren Brückenglieder (b1 bis b4) MOSFETs sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der gemessene Erregerwicklungsstrom als eine Ist-Strom-Eingangsgröße (I_{ist}) einem den Brückengliedern (b1 bis b4) zugeordneten Stromreglerbaustein (11) zuzuführen ist, der
- 35

die Brückenglieder so schaltet, dass das Ist-Stromsignal (I_{ist}) auf ein mit der aktuellen Ankerposition (x) korrelieren, von einem Positionsregelbaustein (10, 10') generiertes Soll-Stromsignal (I_{soll}) abgestimmt ist, vorzugsweise diesem folgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Positionsregelbaustein (10') auch das Ist-Stromsignal (I_{ist}) zuzuführen ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zu einer Erfassung der Bewegungsrichtung des Ankers(8) vorgesehen sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zu einer kontinuierlichen Erfassung der Geschwindigkeit des Ankers(8) vorgesehen sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an mindestens einer festen Stelle innerhalb des Ankerhubweges eine Triggerposition zu einer Geschwindigkeitsmessung vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggerposition im Bereich der maximalen Geschwindigkeit des Ankers (8) vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zu einer Ableitung der in dem Anker (8) gespeicherten Energie aus der Geschwindigkeits-erfassung vorgesehen sind.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zu einer Regelung der Schwingungsfrequenz des Ankers(8) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (8) starr mit einem Pumpkolben eines Verdichters (V) verbunden ist.

Zusammenfassung

Vorrichtung zur Regelung des Ankerhubs in einem reversierenden Linearantriebs

5

Die Vorrichtung dient zur Regelung des Ankerhubs (H) in einem reversierenden Linearantrieb (2) mit einer Erregerwicklung und Anker (8), der im Magnetfeld der Erregerwicklung in eine lineare, oszillierende Bewegung mit vorgegebenem Ankerhub (H) zu versetzen ist. Es sind Mittel zur Erfassung der aktuellen Ankerposition (x), Mittel zur Messung des aktuellen Erregerwicklungsstromes (I_{ist}) und Mittel zur Einstellung des Erregerwicklungsstromes (I_{soll}) derart vorgesehen, dass während jeder Halbwelle der Ankerbewegung dem Anker (8) elektrisch genau so viel Energie zugeführt wird, dass die Schwingungsamplituden des Ankerhubs (H) gerade erreicht werden.

10

15

FIG 2

20

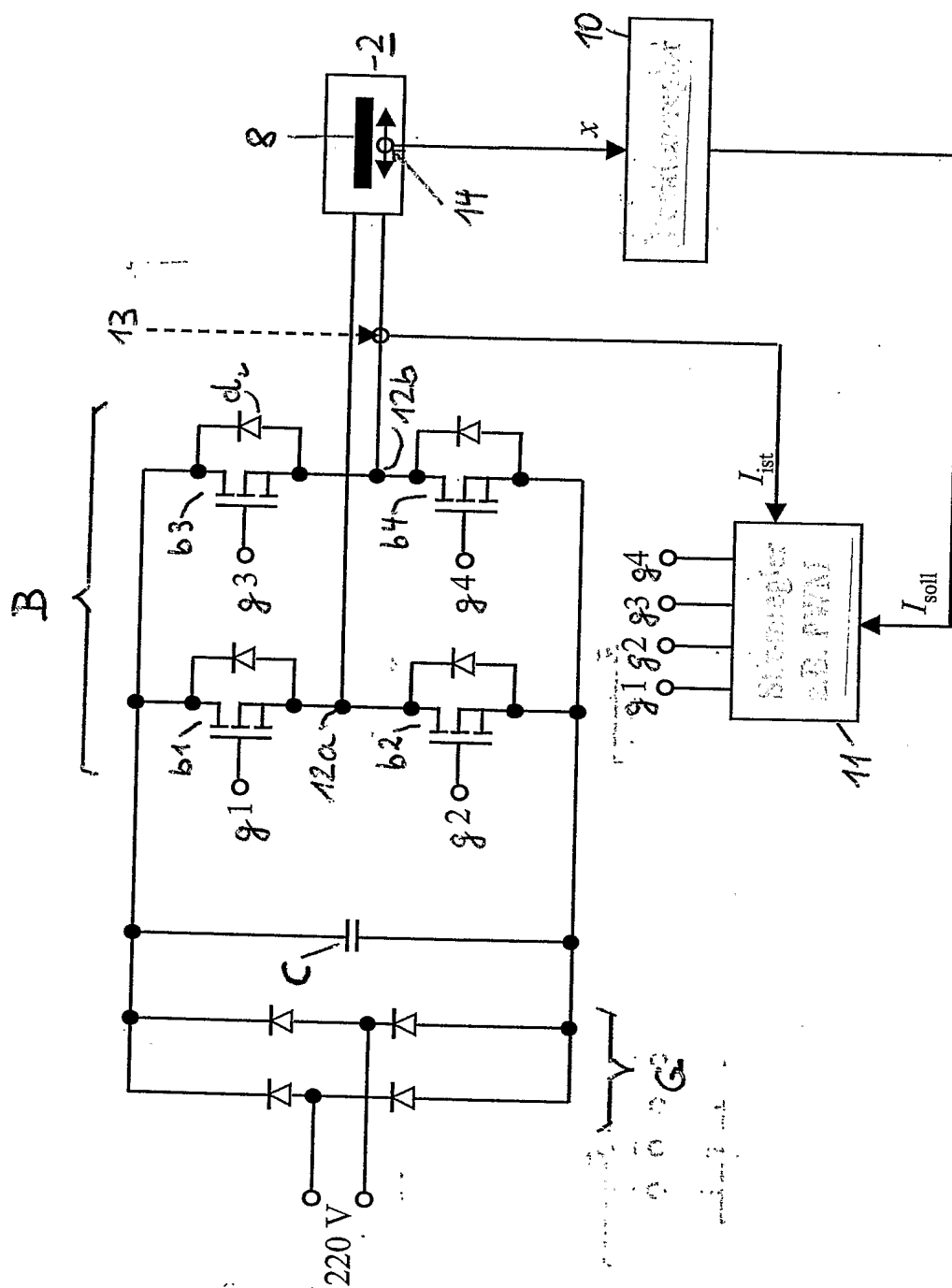


FIG 2

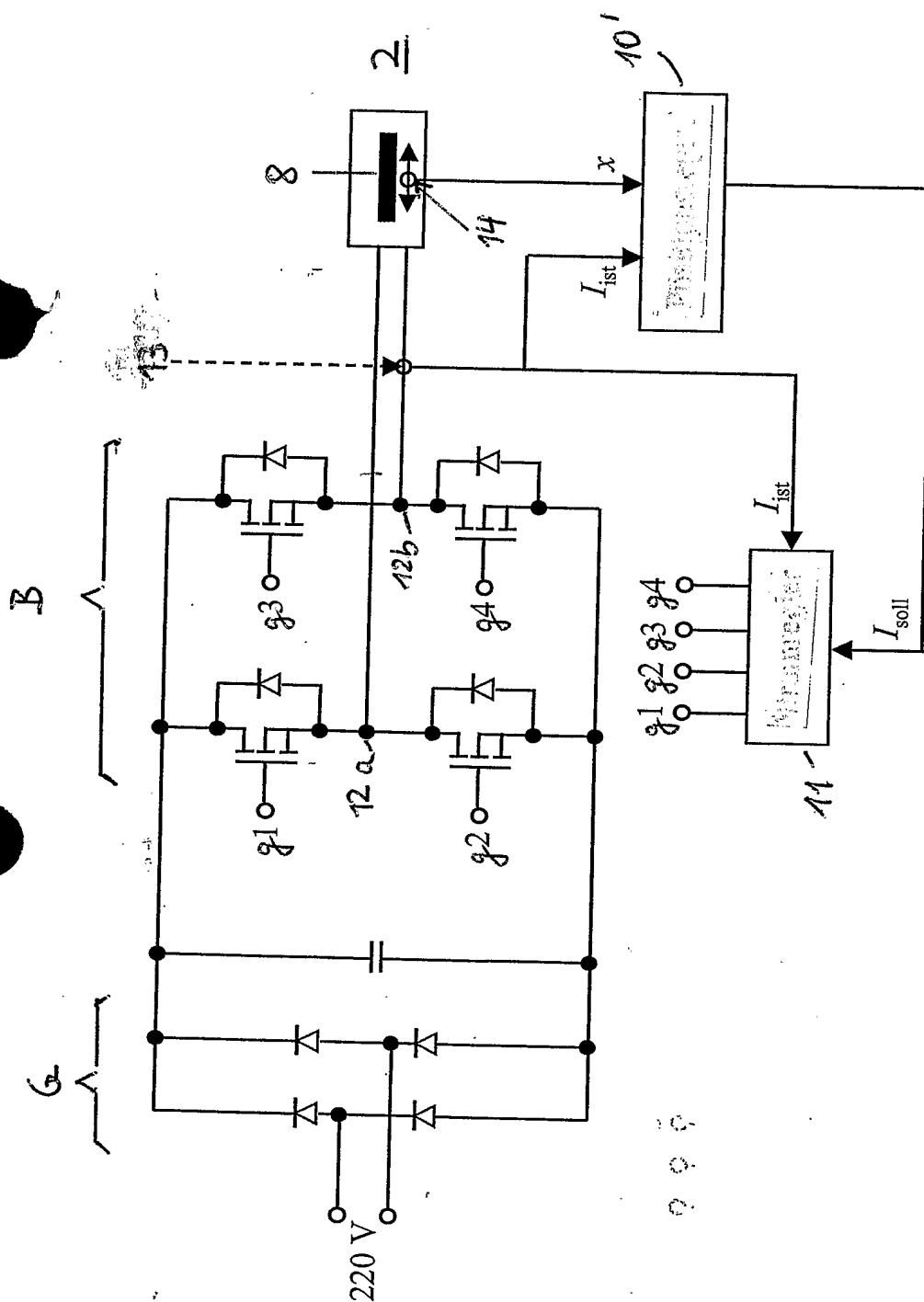


Fig 3